

피탐성을 고려한 무미익 비행체 개념설계 체계 연구

A Study On the Conceptual Design System of Tailless Aircraft Considering Radar Exposure

권기주* 이현웅* 이학태*
 Ki Ju Kwon Hyeonwoong Lee Hak-Tae Lee
 * 인하대학교
 (22151697@inha.edu)

ABSTRACT

군용 비행체의 임무계획에 큰 영향을 미치는 피탐성의 저감을 위해 무미익 형태의 비행체가 각국에서 개발되고 있다. 본 논문에서는 자동으로 형상을 생성하여 이에 대한 충실도별 공력 해석을 수행하고, 비행 성능과 피탐성 해석을 수행하여 다시 형상에 반영시키는 개념 설계 체계에 대한 연구 결과를 기술하였다.

Key Words : Unmanned Combat Aerial Vehicle, Conceptual Design, Radar Cross Section, Automatic Shape Generation

1. 서론

무인전투기(Unmanned Combat Aerial Vehicle, UCAV)는 정찰 및 감시 외에도 공대지 및 공대공 전투 임무수행이 가능하도록 개발된 무인 항공기이다. 다양한 임무 수행 중의 생존율을 높이기 위해 피탐성 저감이 필요하며, 이에 적합한 무미익 방식이 현재 개발된 다수의 UCAV에 적용되었다. 본 논문에서는 피탐성 해석을 포함한 무미익 형태의 UCAV의 개념설계 과정을, 설계에 사용된 여러 도구들의 역할에 대한 설명을 통해 소개한다.

2. 설계 목표 형상 선정 및 분석

역설계 기법을 바탕으로 개념설계를 진행하기 때문에 목표가 되는 형상에 대한 분석을 먼저 수행하였다. 선정된 대표 형상은 X-47B(Northrop Grumman, 미국), X-45C(Boeing, 미국) 이며 두 비행체의 형상제원과 공개된 성능제원을 각각 그림 1과 표 1에 나타내었다.

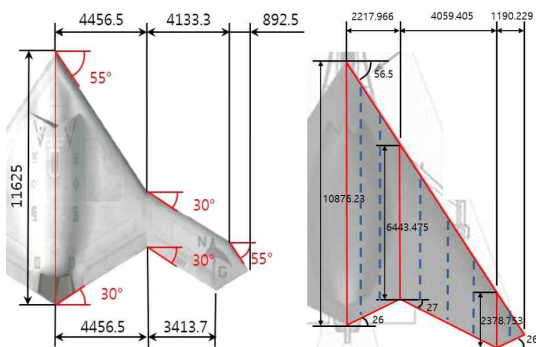


그림 1. X-47B, X-45C 의 형상 제원 (단위: mm)

	X-47B	X-45C
총 중량 (kg)	6,350	4,536
최대 속도 (km/h)	1,102 이상	1,040
작전반경 (km)	3,889	2,400
Ceiling (m)	12,190	12,200

표. X-47B, X-45C 의 성능 제원

후퇴각 적용 방식에 따른 피탐성 및 비행 성능을 비교하기 위해 외형적으로 큰 차이를 보이는 두 형상을 선정하였다.

3.1 공력 해석 도구

개념 설계는 대부분 공력 해석을 통해 이뤄진다. 본 설계 체계에서 총 4 개의 도구를 사용하였으며, 각각 해석 가능한 영역과 충실도로 분류하여 사용하였다(표 2). 충실도가 높아질수록 정확도 및 해석에 소모되는 시간 또한 같이 증가한다(그림 2).

도구 명	해석 가능 영역	해석 방법
HDesign	비점성 / 비압축성	Weissinger
AVL		Vortex Lattice
Cart3D	비점성 / 압축성	Euler
Fluent	점성 / 압축성	Navier-Stokes

표 2. 공력 해석 도구 목록

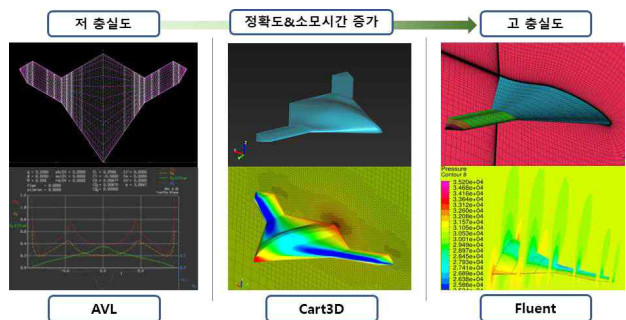


그림 2. 충실도 별 해석도구 특징

3.2 형상 생성 도구

개념설계 시 잦은 형상 수정은 불가피하다. 이는 해석 도구 사용 시 소모되는 시간을 늘리는 요소 중 하나이다. 이를 줄이기 위해 사용되는 해석 도구에 각각 적용 가능한 형상 자동 생성 도구를 개발하여 형상 수

정 단계에 적용하였다. 각 형상 생성 도구는 아래 그림 3과 같은 형상 파라미터를 기준으로 해석에 필요한 입력파일을 생성한다 [1].

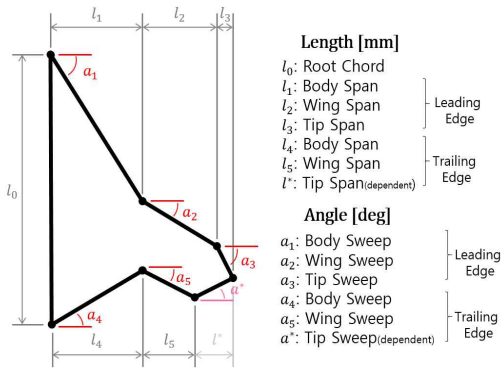


그림 3. 형상 파라미터

3.3 피탐성 해석 도구

피탐성을 고려한 형상 설계를 위해 CEM 해석도구인 Feko를 사용하였다. Maxwell 방정식을 여러 주파수 영역에 대해 적합한 수치기법으로 풀어내는 해석도구 [2]로, 형상 설계 외에도 임무 설계 단계에서 필요한 비행체의 RCS 특성 도출에 사용되었다.

4. 개념 설계 체계

개념설계 체계를 요약하면 그림 4 와 같다. 먼저 형상 설계 시 사용할 익형을 선정하는 과정이 필요하다. 무미익 비행체에 필요한 피칭 모멘트가 작고, 천음속 비행이 가능하도록 충격파의 발생을 지연시킬 수 있는 익형이 요구된다. 또한 피탐성을 줄이기 위해 앞전의 아랫면이 수평한 특징이 필요하다. 공력 특성을 잃지 않는 범위 내에서 익형을 수정하였으며, 피탐성 해석을 통해 익형 자체의 RCS 감소를 확인한 후 설계에 적용하였다.

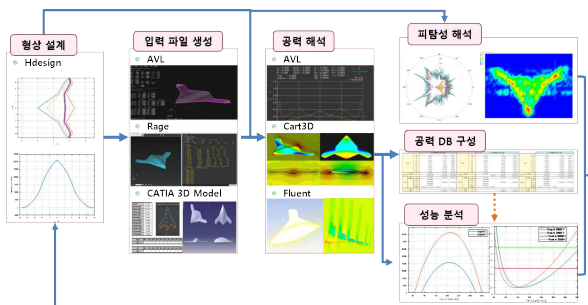


그림 4. 전체 개념설계 체계

요구되는 형상 및 성능 제원과 선정된 익형, 그리고 설계점을 토대로 HDesign을 이용하여 초기 형상 설계를 수행하였다. 자체 개발된 HDesign은 익형 해석 결과를 Weissinger 방식의 3-D 해석과 결합하여 설계점에서의 트림 조건에 해당하는 비틀림각 및 받음각 등의 초기 형상 정보 도출에 사용하였다. 도출된 형상을 해석

하기 위해 각 해석 도구에 필요한 입력파일을 앞서 설명한 형상 자동 생성 도구를 통해 생성하여 해석 도구에 적용하였다.

저충실도 해석도구인 AVL은 비행체의 정안정 특성의 경향성 파악을 위해 주로 사용되며 고속 Euler Solver인 Cart3D는 천음속 영역에서의 압축성 효과로 발생하는 영향을 확인하기 위해 사용된다. 마지막으로 Fluent는 압축성 및 점성효과로 인한 실제 비행 조건에 대한 비행체의 공력 미계수 도출에 사용된다.

마지막으로 도출된 형상의 피탐성 해석을 수행한다. 주파수 및 조종면 변위에 대해 설계된 형상의 피탐 특성을 확인하였으며 피탐성 해석 도구에 내장된 Inverse Synthetic Aperature Radar (ISAR) 해석 기능을 이용하여 직관성 높은 분석을 수행하였다.

5. 결과 및 결론

일련의 설계 과정을 토대로 X-47B, X-45C 두 형상에 대하여 각각 3 정적여유 별, 총 6개의 초기 형상 정보를 도출하였다. 고도 30,000 ft, 마하수 0.5에서 순항시 트림 조건을 설계점으로 정하였으며 받음각, 양력 및 항력계수, 그리고 해당 조건에서 트림 시 무게를 표 3에 나타내었다.

	Unstable		Neutral		Stable	
	X-47B	X-45C	X-47B	X-45C	X-47B	X-45C
C_L	0.303	0.246	0.264	0.248	0.261	0.237
C_D	0.01	0.01	0.01	0.011	0.009	0.01
$\alpha(^{\circ})$	2.9	3.6	3	3.6	3.1	3.4
$W(t)$	14	10.2	12.2	10.3	12.1	9.8

표 3. 6개 형상의 기본 제원

피탐성의 경우 형태 차이에 의한 RCS 특성을 확인하였으며, 같은 형태일 경우 주파수 및 비틀림각과 같은 세부 형상이 바뀌더라도 최대 RCS 값이 나타나는 특정 방향각이 존재함을 확인하였다. 향후 이를 더 체계화하여 분석하는 연구를 수행할 예정이며 이와 동시에 현재 진행하고 있는 동특성 파악을 위한 공력 해석을 완료하고 성능 분석을 수행할 계획이다.

후기

본 연구는 국방과학연구소의 국방 특화연구실의 일환으로 수행하였음.[계약번호:UD180019JD, 지능 기반 무인기 제어]

참고문헌

[1] 이현웅. CATIA-Knowledgeware를 이용한 항공기 형상 생성 자동화 기법. *한국항공우주학회*, 2016, 11: 260-261.
 [2] 송동건. IR 저감 설계가 무인전투기의 RCS 에 미치는 영향. *한국항공우주학회*, 2018, 4: 297-305.